

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

Bab ini akan menjelaskan mengenai bagaimana penyelesaian penjadwalan nyala-mati unit pembangkit dalam operasi *Unit Commitment* menggunakan *Binary Particle Swarm Optimization* (BPSO) dan untuk menentukan biaya pembangkitan dan menyelesaikan permasalahan aliran daya atau *load flow analysis* menggunakan *Newton Raphson*. Program *load flow analysis* merupakan subprogram *Unit Commitment*.

Analisa aliran daya dalam sistem tenaga listrik digunakan untuk menentukan parameter-parameter sistem tenaga listrik. Proses perhitungannya sendiri terkait dengan masalah optimasi sistem. Metode yang telah lama digunakan dalam perhitungan aliran daya adalah metode iterasi Newton-Raphson.[23]

#### **3.1. Data Penelitian**

Data yang digunakan pada skripsi ini adalah karakteristik pembangkitan dari batu bara meliputi daya maksimum dan minimum, *start cost*, karakteristik *heatrate* (konstanta  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ), jenis dan harga bahan bakar, beban harian dan karakteristik saluran tiap-tiap bus. Sistem yang digunakan yaitu sistem standar IEEE 14 bus.

##### **3.1.1. Karakteristik Saluran**

Pada sistem standar IEEE 14 bus terdapat 14 saluran bus yang saling terhubung antara beban dan generator. Data saluran sistem 14 bus bisa dilihat di **Tabel 3.1 :**

**Tabel 3.1** Data Saluran Transmisi Sistem Standar IEEE 14 bus

No. Bus	From Bus	To Bus	R(p.u)	X(p.u)	B/2(p.u)
1	1	2	0.01938	0.05917	0.0264
2	1	5	0.05403	0.22304	0.0264
3	2	3	0.04699	0.19797	0.0219
4	2	4	0.05811	0.17632	0.017
5	2	5	0.05695	0.17388	0.0173
6	3	4	0.06701	0.17103	0.0064
7	4	5	0.01335	0.04211	0
8	4	7	0	0.20912	0
9	4	9	0	0.55618	0
10	5	6	0	0.25202	0
11	6	11	0.09498	0.1989	0
12	6	12	0.12291	0.25581	0
13	6	13	0.06615	0.13027	0
14	7	8	0	0.17615	0
15	7	9	0	0.11001	0
16	9	10	0.03181	0.0845	0
17	9	14	0.12711	0.27038	0
18	10	11	0.08205	0.19207	0
19	12	13	0.22092	0.19988	0
20	13	14	0.17093	0.34802	0

### 3.1.2. Data Beban dan Pembangkit

Data yang digunakan dalam skripsi ini adalah sistem standar IEEE 14 bus. Data pembebanan sistem standar IEEE 14 bus bisa dilihat di **Tabel 3.2**. Sedangkan daya yang dibangkitkan oleh setiap pembangkit bisa dilihat di **Tabel 3.3**

**Tabel 3.2** Data Pembebanan Sistem Standart IEEE 14 Bus

<i>No. Bus</i>	<i>Bus Voltage</i>		<i>Generation</i>		<i>Load</i>		<i>Injected Mvar</i>
	<i>Mag. (p.u)</i>	<i>Phase Angle (deg)</i>	<i>Real Power (MW)</i>	<i>Reactive Power (MVAR)</i>	<i>Real Power (MW)</i>	<i>Reactive Power (MVAR)</i>	
1	1.06	0	114.17	-16.9	0	0	0
2	1.045	0	40	0	21.7	12.7	0
3	1.01	0	0	0	94.2	19.1	0
4	1	0	0	0	47.8	-3.9	0
5	1	0	0	0	7.6	1.6	0
6	1	0	0	0	11.2	7.5	0
7	1	0	0	0	0	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	29.5	16.6	0.19
10	1	0	0	0	9	5.8	0
11	1	0	0	0	3.5	1.8	0
12	1	0	0	0	6.1	1.6	0
13	1	0	0	0	13.8	5.8	0
14	1	0	0	0	14.9	5	0

**Tabel 3.3** Data Daya Yang Dibangkitkan Oleh Setiap Pembangkit Sistem Standar IEEE 14 Bus

<b>Bus</b>	<b>Unit</b>	<b>Daya (MW)</b>		<b>Nyala Min (Jam)</b>	<b>Padam Min (Jam)</b>
		<i>Max</i>	<i>Min</i>		
1	1	150	50	3	3
2	2	50	20	3	3
3	3	80	12	2	2
6	4	45	10	2	2
8	5	45	10	2	2

### 3.1.3. Fungsi Biaya dan Batasan Kemampuan Pembangkit

Fungsi biaya dari masing-masing pembangkit memiliki karakteristik berbeda-beda dan memiliki biaya penyalan bervariasi. Fungsi biaya dari masing-masing pembangkit bisa dilihat dari **Tabel 3.4**.

**Tabel 3.4** Fungsi Biaya Dari Masing-Masing Pembangkit

Unit	Koefisien Biaya Operasi			Biaya Penyalaan(\$)		Biaya Padam (\$)
	A	b	c	Panas	Dingin	
1	0.00375	2	0	70	176	50
2	0.0175	1.75	0	74	187	60
3	0.0625	1	0	110	113	30
4	0.00834	3.25	0	50	267	85
5	0.025	3	0	72	180	52

#### 3.1.4. Data Pembebanan Sistem Standart IEEE 14 Bus 24 Jam

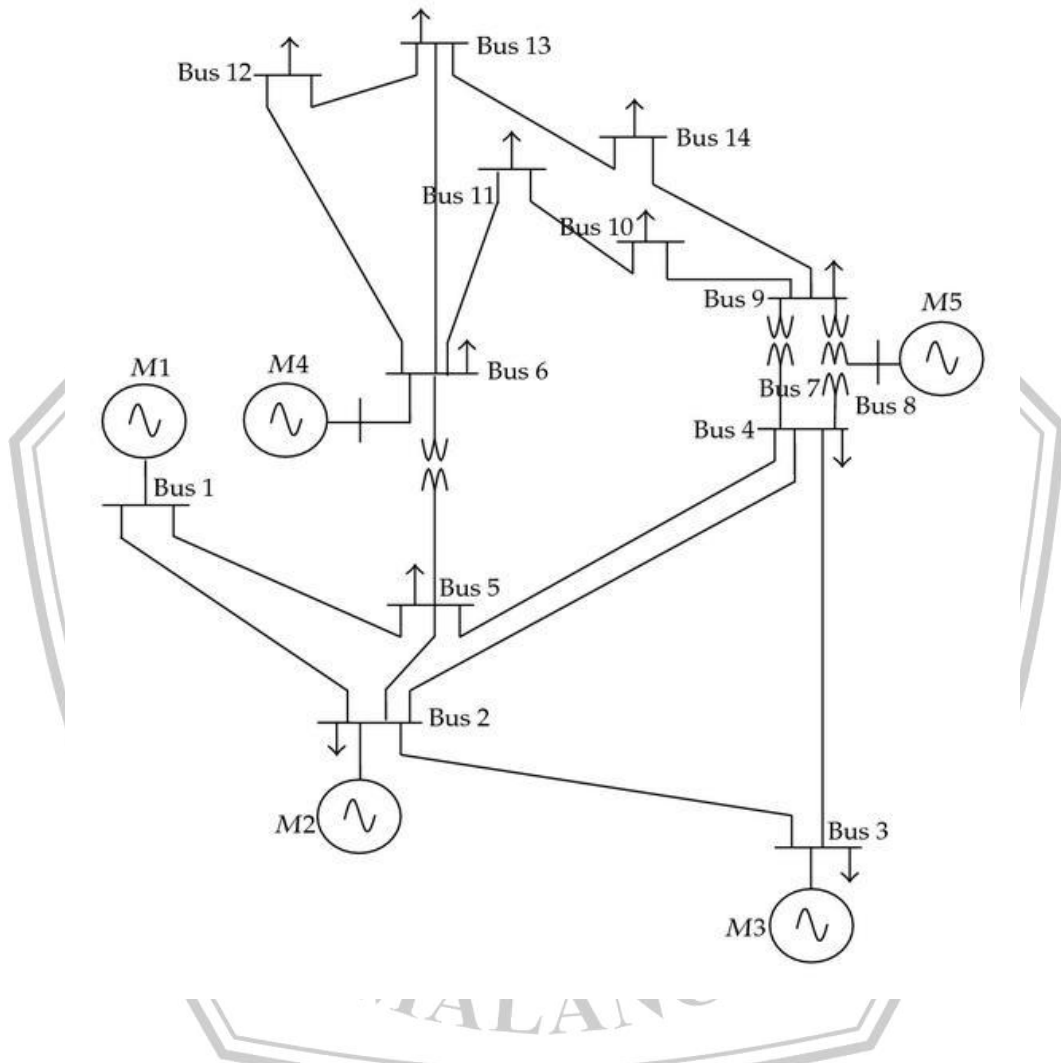
Data pembebanan setiap waktu akan berubah dikarenakan aktivitas manusia yang berbeda-beda. Data pembebanan sistem IEEE 14 bus dalam waktu 24 jam dapat dilihat pada **Table 3.5** :

**Tabel 3.5** Data Pembebanan Sistem IEEE 14 Bus 24 Jam

Jam ke	Beban (MW)	Jam ke	Beban (MW)
1	181.3	13	248.89
2	170.94	14	246.65
3	150.22	15	242.16
4	103.6	16	235.43
5	129.5	17	257.75
6	155.4	18	270.43
7	181.3	19	272.63
8	202.03	20	265.98
9	212.38	21	250.46
10	227.92	22	234.94
11	230.51	23	223.86
12	217.56	24	210.56

### 3.2. Pemodelan Sistem Standar IEEE 14 Bus

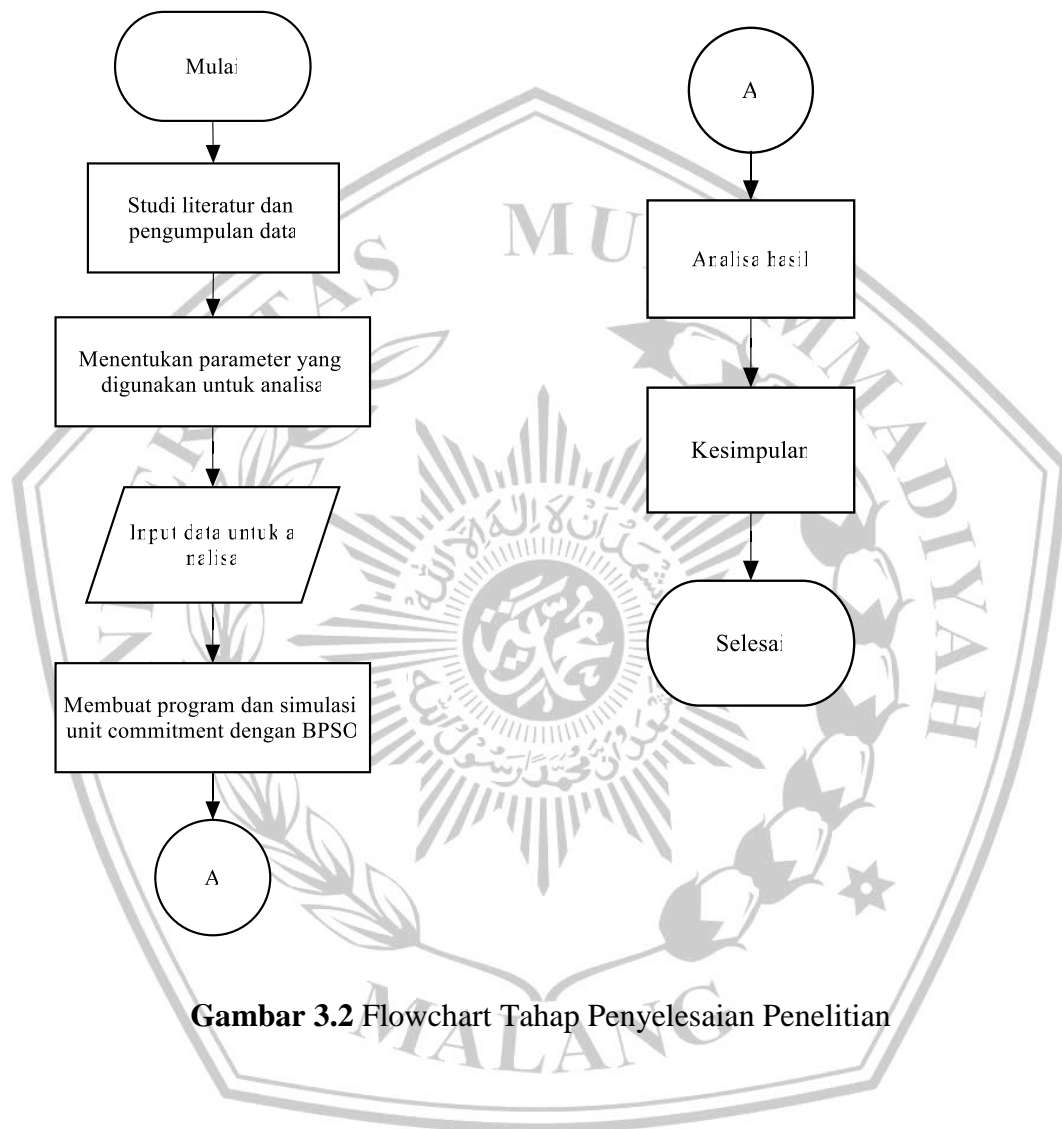
Gambar SLD (Single Line Diagram) sistem standar ieee 14 bus dapat dilihat di **Gambar 3.1** sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Single Line Diagram Sistem Stadar IEEE 14 Bus

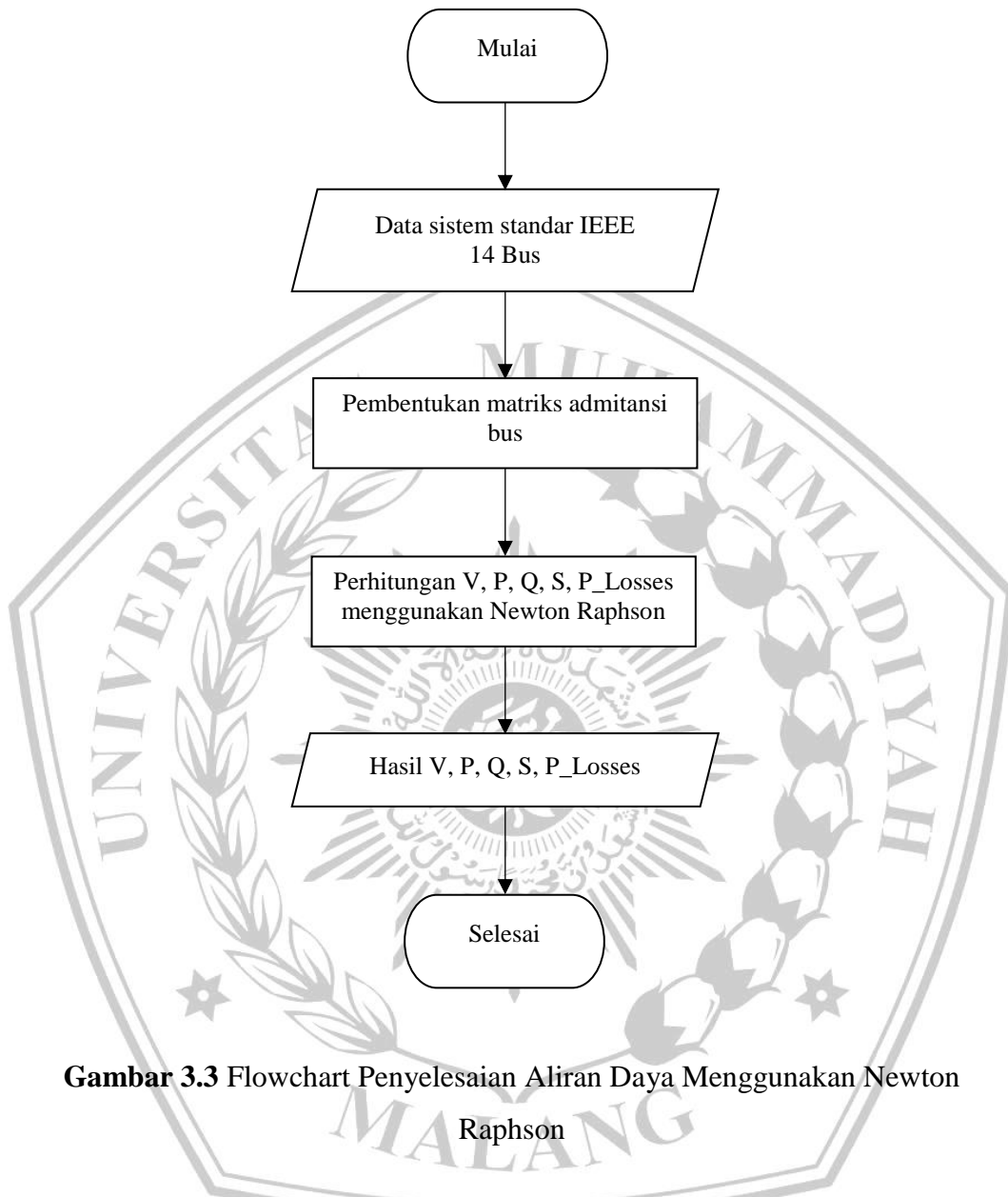
### 3.3. Alur Pengerjaan

Dalam penelitian ini dilakukan penerapan BPSO untuk menyelesaikan masalah UC pada sistem standar IEEE 14 bus . Alur penyelesaian penelitian ini bisa dilihat di **Gambar3.2** sebagai berikut :



**Gambar 3.2** Flowchart Tahap Penyelesaian Penelitian

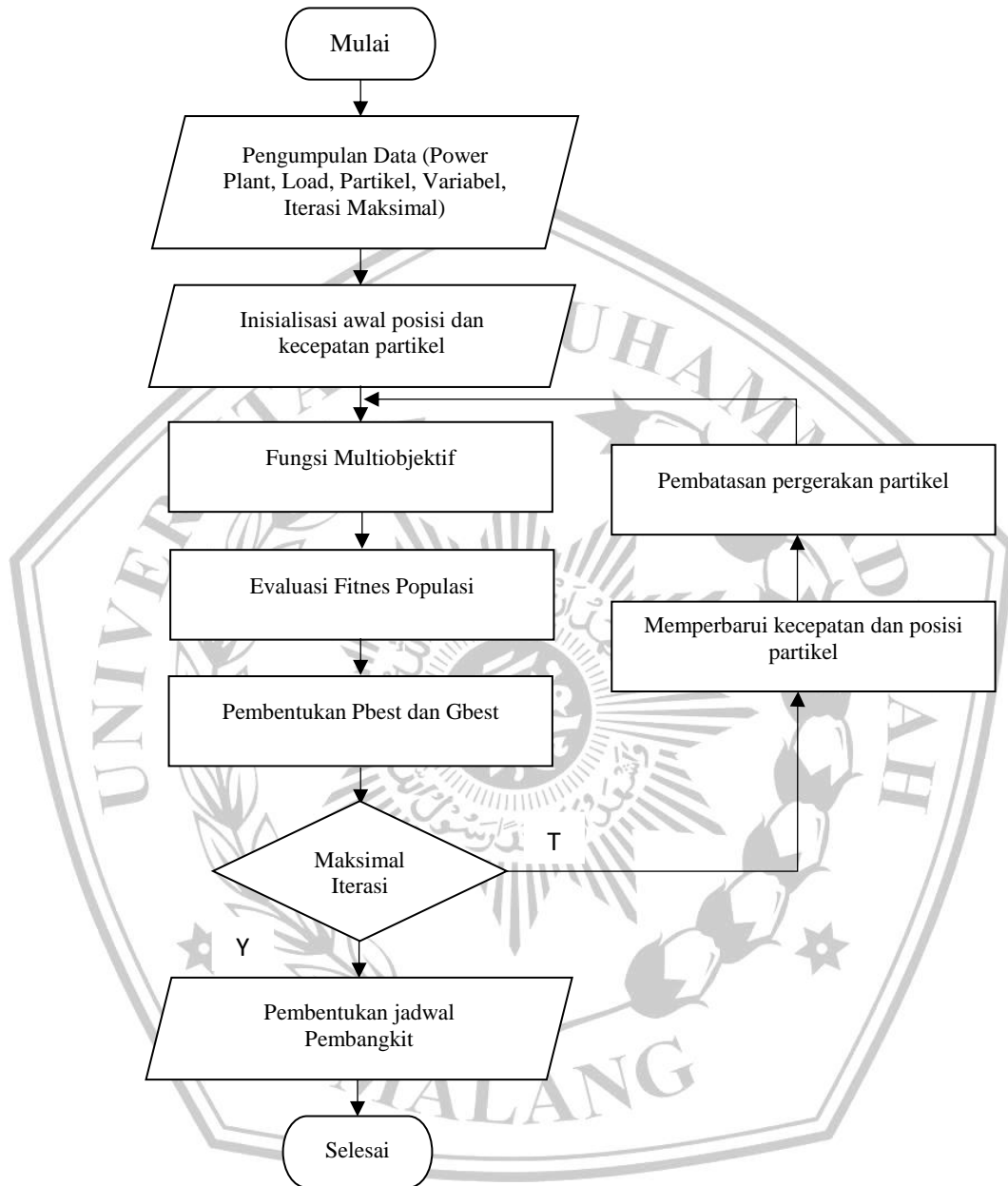
### 3.4. Penerapan Newton Raphson Untuk Analisa Load Flow



**Gambar 3.3** Flowchart Penyelesaian Aliran Daya Menggunakan Newton Raphson

Metode Newton Raphson disini digunakan untuk menyelesaikan load flow analysis sebagai subprogram pada permasalahan Unit Commitment. Hasil yang diambil dari load flow analysis nantinya akan digunakan untuk memproses permasalahan Unit Commitment menggunakan Algoritma BPSO. Diagram alir penyelesaian load flow analysis menggunakan metode Newton Raphson bisa dilihat di **Gambar 3.3**.

### 3.5. Penerapan Algoritma Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) Pada Unit Commitment (UC)



**Gambar 3.4** Flowchart *Unit Commitment* Menggunakan BPSO

Algoritma Binary Particle Swarm Optimization (BPSO) merupakan metode yang akan digunakan pada program utama dalam menyelesaikan penjadwalan UC. BPSO akan menentukan kombinasi nyala-mati unit pembangkit dalam rentang waktu tertentu sehingga dapat memenuhi kebutuhan beban dan dapat menekan



biaya pembangkitan. Langkah-langkah metode BPSO dalam masalah UC terdapat pada **Gambar 3.4**.

### 3.5.1. Inisialisasi BPSO

Pada proses inisialisasi, memuat sistem yang akan dioptimasi. Pada skripsi ini menggunakan sistem standart IEEE 14 bus

#### 3.5.1.1.Parameter-parameter BPSO

Parameter yang akan digunakan pada algoritma BPSO merupakan inisialisasi awal operasi algoritma untuk penelitian ini. Parameter-parameter tersebut yaitu :

Jumlah swarm	= 30
Jumlah Variabel	= Jumlah Unit Pembangkit
Iterasi maksimal	= 300
<i>Social constant</i> (c1)	= 2
<i>Cognitive constant</i> (c2)	= 2
Inertia (w)	= 0,4 - 0,9

Partikel merupakan suatu himpunan yang terdiri dari variable. Variabel merupakan parameter yang akan dioptimalkan. Fungsi objektif dari penelitian ini yaitu dengan mencari biaya pembangkitan seminimal mungkin tetapi harus memperhatikan batasan-batasan yang ada pada UC. Iterasi maksimal adalah banyaknya proses pengulangan yang dilakukan dalam skripsi ini. *Social constant* dan *cognitive constant* adalah konstanta yang telah ditetapkan dalam metode pengoptimalan menggunakan algoritma BPSO.

#### 3.5.1.2.Inisialisasi posisi dan kecepatan partikel

Selanjutnya yaitu menginisialisasi posisi dan kecepatan partikel. Diumpamakan posisi  $x$  sebagai partikel, dimana  $x$  menunjukkan kondisi dari suatu pembangkit.  $x$  akan bernilai 1 jika pembangkit ada pada kondisi *ON* dan bernilai 0 jika ada pada kondisi *OFF* dengan memiliki rentang waktu tertu yaitu dilambangkan  $x^{(B)}$  dan  $x^{(A)}$ . Untuk kecepatan dilambakan dengan  $v$  dimana kecepatan awal posisi semua akan bernilai 0.

### 3.5.2. Evaluasi Fitness Function

Untuk fungsi objektif pada penelitian ini ada di persamaan (2.28). Partikel yang melanggar batas-batas yang telah ditentukan maka akan diberikan hukuman. Partikel yang dapat hukuman tidak akan dipilih sebagai kandidat solusi.

### 3.5.3. Penentuan Posisi Terbaik Pbest dan Gbest

Agar mendapatkan posisi terbaik dari Pbest dan Gbest maka ada pemilihan *fitness function*. Posisi terbaik dari Pbest yaitu posisi terbaik yang didapatkan oleh partikel tersebut berdasarkan pengalamannya sendiri. Sedangkan posisi terbaik dari Gbest didapatkan berdasarkan posisi terbaik dari keseluruhan partikel berdasarkan fungsi fitness. Untuk mendapatkan Gbest tiap partikel akan mengevaluasi posisinya sendiri dan posisi partikel lainnya.

### 3.5.4. Update Kecepatan dan Posisi Partikel

*Update* kecepatan berfungsi untuk memperbarui posisi partikel. Proses pembaruan ini digunakan untuk mencapai nilai optimal dari *fitness function*. Pembaharuan posisi akan dipengaruhi oleh kecepatan partikel menggunakan rumus berikut (2.30).

Fungsi dari *Inertia weight* ( $w$ ) yaitu untuk menentukan bagaimana kecepatan sebelumnya mempengaruhi kecepatan arus. *Inertia weight* berfungsi juga agar mempercepat konvergensi. Pada awalnya *inertia weight* memiliki nilai besar tetapi bertahap menjadi kecil karena dipengaruhi oleh iterasi. Menggunakan rumus berikut (2.32).

Untuk mengubah kecepatan menjadi bilangan biner digunakan rumus *sigmoid* seperti berikut (2.31).